

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
29. November 2001 (29.11.2001)

PCT

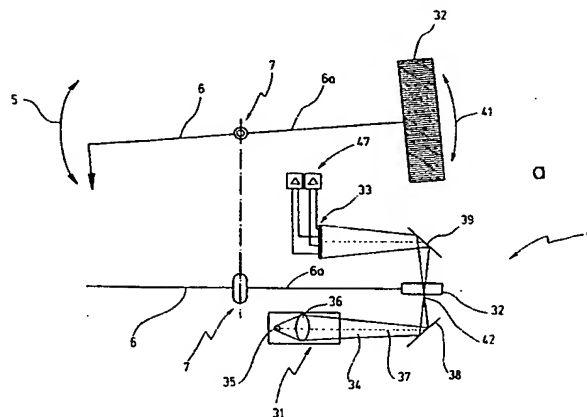
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/90698 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01D 5/38, G01B 11/30** (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **MAHR GMBH** [DE/DE]; Brauweg 38, 37073 Göttingen (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE01/01871** (72) Erfinder; und
- (22) Internationales Anmeldedatum: **18. Mai 2001 (18.05.2001)** (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RUDOLPH, Markus** [DE/DE]; Georg-Diederichs-Ring 26 A, 37154 Northeim (DE). **GUSEK, Bernd** [DE/DE]; Schnübachstrasse 7, 37124 Rosdorf (DE).
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch** (74) Anwalt: **RÜGER, BARTHELT & ABEL**; Webergasse 3, 73728 Esslingen (DE).
- (30) Angaben zur Priorität: **100 25 461.6** **23. Mai 2000 (23.05.2000)** **DE** (81) Bestimmungsstaaten (national): **CN, JP, US.**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PROBE WITH A DIFFRACTION GRATING FOR +1, 0 AND -1 ORDERS

(54) Bezeichnung: TASTER MIT BEUGUNGSGITTER FÜR +1, 0 UND -1 ORDNUNGEN



(57) Abstract: A measuring device using interference optics, for detecting and tracking the movement of a mechanical element (4) has a light source (31) for emitting a light bundle that is capable of interference, a diffraction grating and a sensor arrangement (33). A beam path leads from the light source to the sensor arrangement (33) via the diffraction grating (32). Said diffraction grating divides the light bundle into at least three partial components, so that a light patch with three overlapping peaks, the middle, zero peak and the minus one and plus one peaks either side thereof, is formed. The light beams producing the three brightness peaks interfere with each other so that the resulting superimposed luminous spot (46) contains interference bands which run in one direction or another when the diffraction grating is moved. The movement of the interference bands is detected with the sensor arrangement (33) and evaluated in an evaluation circuit. This enables each movement of the diffraction grating (32) to be detected precisely. The arrangement makes use of almost the entire interference figure generated by the light from the light source. As a result, light-intensive interference figures can be produced even with low capacities of the light source (31). This enables low-capacity components to be used.

(57) Zusammenfassung: Eine interferenzoptische Messeinrichtung zur Erfassung und Verfolgung der Bewegung eines mechanischen Elements (4) weist eine Lichtquelle (31) zur Abgabe eines interferenzfähigen Lichtbündels sowie ein Beugungsgitter und eine Sensoranordnung (33) auf. Von der Lichtquelle führt ein Strahlengang über das Beugungsgitter (32) zu der Sensoranordnung (33).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/90698 A1



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

Das Beugungsgitter zerlegt das Lichtbündel in mindestens drei Teilkomponenten, so dass auf der optischen Sensoranordnung (33) ein Lichtfleck mit drei einander überlappenden Maxima, dem mittleren nullten Maximum und dem beidseits davon liegenden minus ersten und plus ersten Maximum entsteht. Die Lichtstrahlen zur Erzeugung der drei Helligkeitsmaxima interferieren miteinander, so dass der resultierende überlagerte Leuchtfleck (46) Interferenzlinien enthält, die in einer oder anderen Richtung laufen, wenn das Beugungsgitter bewegt wird. Die Bewegung der Interferenzlinien wird mit der Sensoranordnung (33) erfasst und in einer Auswerteschaltung ausgewertet. Damit ist die präzise Erfassung jeder Bewegung des Beugungsgitters (32) möglich. Mit der vorgestellten Anordnung wird nahezu das gesamte von der Lichtquelle ausgesendete Licht zu erzeugendes Interferenzbilds ausgenutzt. Es entstehen somit lichtstarke Interferenzbilder schon bei geringen Lichtleistungen der Lichtquelle (31). Es können deshalb Bauelemente geringer Leistung zum Einsatz kommen.

## TASTER MIT BEUGUNGSGITTER FÜR +1, 0 UND -1 ORDNUNGEN

Die Erfindung betrifft eine Messeinrichtung, die insbesondere zur Messung der Oberflächenrauheit und/oder der Oberflächenkontur eines Werkstücks vorgesehen ist.

Die Vermessung von Werkstücken und die Bestimmung spezieller Oberflächeneigenschaften wie Rauheit, Formhaltigkeit (Kontur) und ähnliche Messaufgaben werden häufig gelöst, indem die Oberfläche oder zu vermessende Oberflächenbereiche mechanisch angetastet werden. Dazu sind verschiedene Tastkörper wie Kugeln, Messspitzen, Diamantspitzen oder ähnliches in Gebrauch - je nach Messaufgabe. Wäh-

rend die mechanische Vermessung meist durch punktweises Antasten der Werkstückoberfläche erfolgt, ist es zur Bestimmung der Oberflächenrauheit oder der Oberflächenkontur oder von Formelementen eines Werkstücks üblich, eine Tastspitze, bspw. eine Diamantspitze oder eine Stahlspitze, über eine festgelegte Wegstrecke mit festgelegter Geschwindigkeit zu schleppen und die im Wesentlichen rechtwinklig zu der Werkstückoberfläche erfolgenden Auslenkungen der Tastspitze aufzuzeichnen bzw. auszuwerten. Voraussetzung ist immer die Erfassung der Bewegung bzw. Auslenkung des Tastelements. Hierzu sind hoch auflösende und schnell arbeitende Linearmesssysteme (sogenannte Wegaufnehmer) oder verwandte Messsysteme erforderlich. Soll die Rauheitsmessung mit einer Konturmessung kombiniert werden oder nur eine Konturmessung durchgeführt werden, durchläuft das Tastelement bei dem Messvorgang in der Regel relativ große Hübe. Diese sollen möglichst innerhalb des Messbereichs des entsprechenden Messsystems liegen.

Zur Messung linearer Verschiebungen sind bspw. induktive Messsysteme bekannt. Diese geben in der Regel ein der Auslenkung proportionales Signal ab und müssen deshalb als Analog-Messsysteme gelten. Darüber hinaus sind sogenannte inkrementale Geber bekannt, die auch auf optischen Prinzipien beruhen können. Bspw. ist aus der DE 19712622 A1 eine Auswerteeinrichtung für eine optisch abgetastete Maßstabteilung bekannt. Das optische Messsystem erzeugt zwei Signale S1, S2, die als Abtastsignale der Auswerteeinheit zugeleitet werden. Die Abtastsignale sind um 90° phasenversetzt und periodisch. Die Signale werden über einen Analog/Digital-Wandler geleitet. Die Anzahl der durchlaufenen Maxima kennzeichnet eine Schrittzahl und der präzise Signalwert den über die Schrittzahl hinaus durchlaufenen Weg. Die genannte Offenlegungsschrift befasst sich jedoch

nicht mit der Art der Signalgewinnung. Vielmehr werden sowohl optische als auch magnetische Maßstäbe und somit auch Sensoren in Betracht gezogen.

Aus der DE 19652563 A1 ist eine lichtelektrische Positionsmesseinrichtung bekannt, zu der eine Lichtquelle, ein ruhendes Beugungsgitter, das als Strahlteiler dient, und ein bewegtes Beugungsgitter gehören. Das erste Beugungsgitter gibt gebeugte Lichtstrahlen + 1. Ordnung und - 1. Ordnung ab. Diese Lichtstrahlen treffen das bewegte Beugungsgitter, das die Teilstrahlen + 1. Ordnung und - 1. Ordnung zurückreflektiert. Sie durchlaufen nochmals den Strahlteiler und werden zur Interferenz gebracht. Das bewegte und als Maßstab dienende Beugungsgitter wird somit von zerlegtem, in mehrere Teilstrahlen aufgefächerten, Licht getroffen. Nur ein Teil des aufgefächerten Lichts wird von dem als Strahlteiler dienenden Beugungsgitter wieder zusammengefasst und zur Interferenz gebracht.

Ein abweichendes Messprinzip zur Positionsmessung ist aus der EP 0586454 B1 bekannt. Hier wird ein Beugungsgitter mit einem parallelen interferenzfähigen Lichtbündel beleuchtet. Die zurückgestreuten Lichtbündel - 1. Ordnung und + 1. Ordnung werden über einen Strahlteiler wechselweise miteinander zur Interferenz gebracht und die Interferenzbilder werden von jeweils eigenen Detektoren ausgewertet.

Die Positionsbestimmung des Maßstabs erfolgt ausschließlich anhand der gebeugten Strahlen + 1. Ordnung und - 1. Ordnung. Diese tragen nur einen Teil der eingesetzten Lichtenergie.

Davon ausgehend ist es Aufgabe der Erfindung, einen optischen Positionssensor anzugeben, der eine gute Lichtausnutzung ermöglicht.

Diese Aufgabe wird mit einer Messeinrichtung gelöst, die die Merkmale des Patentanspruchs 1 aufweist.

Die erfindungsgemäße Messeinrichtung weist ein Beugungsgitter auf, das von einem interferenzfähigen Lichtbündel getroffen wird. Das Beugungsgitter erzeugt einen ungebeugten Lichtstrahl sowie mehrere gebeugte Lichtstrahlen, von denen der gebeugte Lichtstrahl + 1. Ordnung und der gebeugte Lichtstrahl - 1. Ordnung gemeinsam mit dem ungebeugten Lichtstrahl (0. Ordnung), der das Beugungsgitter passiert hat, zur Erzeugung eines Interferenzbilds herangezogen werden. Die Strahlmaxima nulltes Maximum, plus erstes Maximum und minus erstes Maximum überdecken sich dabei teilweise, so dass ein insgesamt helles Interferenzmuster schon bei lichtquellengeringster Leistung erzeugbar ist. Dadurch können sehr leistungsschwache Laserdioden zur Erzeugung des interferenzfähigen Lichtbündels verwendet werden. Dies hat den Vorteil eines sehr geringen Wärmeeintrags in die gesamte Messeinrichtung, was wiederum deren Genauigkeit erhöht. Fehler infolge von thermischen Ausdehnungen, infolge von Temperaturerhöhungen können bspw. reduziert oder ausgeschlossen werden. Das gesamte Messsystem kann sehr klein gebaut werden. Auf eine thermische Trennung von Lichtquelle, Beugungsgitter und Sensoren kommt es kaum noch an.

Die Messeinrichtung gestattet eine hohe Auflösung. Diese kann durch Änderung der Gitterkonstante des Beugungsgitter sowie des Abstands zwischen der Lichtquelle und dem Beugungsgitter beeinflusst werden, wenn mit einem

nicht parallelen interferenzfähigen Lichtbündel gearbeitet wird. Vorzugsweise wird das von der Lichtquelle ausgesendete Lichtbündel über eine entsprechende optische Einrichtung (Optik) fokussiert und das Beugungsgitter wird in der Nähe des Fokuspunkts (Brennpunkt) oder genau auf diesem angeordnet. Dabei ist das Beugungsgitter vorzugsweise quer zu dem Lichtstrahl ausgerichtet. Das Beugungsgitter muss jedoch nicht zwingend präzise rechtwinklig zu dem Lichtstrahl angeordnet sein. Kleinere Abweichungen vom rechten Winkel stören nicht oder kaum. Auch spielt eine Verdrehung oder Verschwenkung des optischen Beugungsgitters sowie eine Bewegung desselben in Richtung der optischen Achse kaum eine Rolle.

Die von dem Beugungsgitter gebeugten Lichtstrahlen erzeugen ein Interferenzmuster, das von der optischen Sensoranordnung erfasst wird. Die optische Sensoranordnung kann ein oder mehrere lichtempfindliche Elemente aufweisen. Sie registriert Hell-/Dunkeldurchgänge des Interferenzmusters. Im einfachsten Fall kann durch Auszählen der registrierten Hell-/Dunkeldurchgänge an dem Sensorelement der Betrag einer Relativverschiebung des Beugungsgitters bestimmt werden. Soll mit der Messeinrichtung außerdem die Richtung der Relativverschiebung bestimmt werden, sind an der Auswertung der Verschiebung des Interferenzmusters vorzugsweise mehrere Sensorelemente beteiligt. Die Sensorelemente können bspw. um die halbe Breite eines gebeugten Lichtstrahls oder eines Interferenzstreifens gegeneinander versetzt angeordnet sein, so dass ein Sensor oder eine Sensorgruppe ein Kosinussignal liefert, während der andere Sensor oder die andere Sensorgruppe ein Sinussignal liefert. Die Sensoren dürfen dabei breiter sein als ein Interferenzstreifen. Vorzugsweise werden vier Sensorelemente verwendet, die nebeneinander in einer Reihe angeordnet

sind und auf die der aus ungebeugtem Lichtstrahl sowie gebeugten Lichtstrahl + 1. Ordnung und - 1. Ordnung gebildete Lichtfleck fällt. Drei der vier Sensorelemente nehmen eine Länge ein, die mit der Länge des Lichtflecks übereinstimmt. Dieser trifft die Sensorelemente etwa mittig, d.h. die beiden außenstehenden Sensorelemente werden gerade noch beleuchtet. Der Meßhub kann sehr groß gewählt werden und hängt nur von der Länge des Beugungsgitters ab. Die Auflösung stimmt dabei, wenn nur ganze Interferenzlinien gezählt werden, mit dem Gitterlinienabstand überein. Dies erlaubt hochpräzise Messungen.

Soll die Auflösung noch höher sein als durch reines Zählen der an einem Sensorelement vorbeilaufenden Interferenzlinien möglich, kann zusätzlich eine Analogauswertung der Signale vorgenommen werden. Hier kann der Umstand genutzt werden, dass die Hell-/Dunkelübergänge an den einzelnen Sensorelementen nicht abrupt, sondern sinus- oder kosinusförmig verlaufen. Eine Auswertung der aktuellen Helligkeit kann dadurch eine Interpolation der Verschiebung zwischen verschiedenen Interferenzlinien ermöglichen.

Die Messeinrichtung ist vorzugsweise Teil eines Messgeräts, bspw. zur Kontur oder Rauheitsmessung. Zu dem Messgerät gehört dann auch eine Positionierungseinrichtung, bspw. eine Vorschubeinrichtung, mit der das Tastelement und ggfs. mit diesem gemeinsam die Messeinrichtung über die Oberfläche des Werkstücks bewegt werden.

Weitere Einzelheiten vorteilhafter Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen, der Zeichnung oder der Beschreibung. In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht. Es zeigen:

Fig. 1 ein Messgerät mit einem optischen Messsystem an einem Werkstück, in schematischer Prinzipdarstellung,

Fig. 2 das Messgerät nach Figur 1, in einer perspektivischen Gesamtansicht und ohne Gehäuse,

Fig. 3 die Lagerung des Tastarms des Messgeräts nach Figur 2, in perspektivischer Explosionsdarstellung,

Fig. 4 das optische Messsystem des Messgeräts nach Figur 1 und 2, in schematischer Draufsicht,

Fig. 4a Tastarm und Beugungsgitter des optischen Messsystems nach Figur 4, in einer schematisierten Seitenansicht,

Fig. 5 das optische Messsystem nach Figur 4, in einer Funktionsdarstellung, und

Fig. 6 eine Auswerteeinrichtung des Messsystems als Blockschaltbild.

In Figur 1 ist eine Messeinrichtung 1 veranschaulicht, die zur Bestimmung des Profils oder der Kontur einer Oberfläche 2 eines Werkstücks 3 dient. Zusätzlich kann die Rauheit der Oberfläche 2 bestimmt werden. Die Messeinrichtung 1 weist ein Tastelement 4, z.B. eine Tastspitze, auf, das in einer durch einen Pfeil 5 bezeichneten Richtung etwa rechtwinklig zu der Oberfläche 2 des Werkstücks 3 bewegbar gelagert ist. Dazu dient eine Lager-einrichtung, die im vorliegenden Fall durch einen schwenkbar gelagerten Tastarm 6 gebildet wird. Der Tastarm 6 ist an einem als zweiarmiger Hebel ausgebildeten Träger 6a gehalten, der bei einer Schwenklagerung 7 durch geeignete Lagermittel wie Kugellager, Nadellager, Schneidenlagerungen oder Federn aufgehängt ist. An seinem einen freien Ende trägt er das Tastelement 4. An dem davon abliegenden freien Ende des Trägers 6a ist dieser mit einer optischen Messanordnung 8 verbunden, die jede Verschwenkung des Tastarms 6 und somit jede Bewegung des Tastelements 4 in Richtung des Pfeils 5 registriert und in elektrische Signale umsetzt. Diese gelangen über eine Leitung 9 an ein Auswertegerät 10.

Um mit der Messeinrichtung 1 die Oberflächenkontur und/oder die Oberflächenrauheit der Oberfläche 2 des Werkstücks 3 bestimmen zu können, enthält die Messeinrichtung 1 eine Positionierungseinrichtung 11, die dazu eingerichtet ist, das Tastelement 4 entlang eines vorbestimmten Wegs über die Werkstückoberfläche 2 zu bewegen. Dazu dient eine Führungsschiene 12, die in einem Gehäuse 14 der ortsfest anzuordnenden Messeinrichtung 1 angeordnet ist. An der Führungsschiene 12 ist ein Schlitten 15 verschiebbar gelagert, der die Lagerung 7 für den Tastarm 6 und die optische Messanordnung 8 trägt. Außerdem gehört zu der

Positionierungseinrichtung 11 ein Stellantrieb 16, der über ein Getriebemittel 17 mit dem Schlitten 15 oder einem mit dem Schlitten 15 verbundenen Element verbunden ist. Das Getriebemittel 17 kann bspw. eine Gewindespindel sein, die von dem Stellantrieb 16 gesteuert in Drehung versetzt werden kann. Eine auf der Gewindespindel sitzende Mutter kann dann mit dem Schlitten 15 verbunden sein, wobei sie an dem Schlitten 15 axial unverschiebbar und unverdrehbar gelagert ist. Andere Linearantriebe, wie bspw. Zahnriemen, Zugseile oder Drähte sind ebenfalls anwendbar.

An den mit der optischen Messanordnung 8 verbundenen Ende des Tastarms 6 greift, bspw. über magnetische Kuppelung, ein bedarfsweise aktivierbarer Hubantrieb 18 an, über den der Tastarm 6 gezielt verschwenkt werden kann, bspw. um das Tastelement 4 von der Werkstückoberfläche 2 abzuheben. Außerdem kann der Hubantrieb 18 dazu herangezogen werden, eine Messkraft aufzubringen. Dazu kann der Hubantrieb 18 als magnetischer Linearmotor ausgebildet sein. Alternativ kann die Messkraft auch durch Federmittel oder ähnliche Einrichtungen aufgebracht werden.

Anders als bei dem in Figur 1 veranschaulichten Ausführungsbeispiel kann die Messeinrichtung 1 auch ohne Positioniereinrichtung 11 und Stelleinrichtung 16 auskommen. Ist dies der Fall, kann eine nicht weiter veranschaulichte äußere Positioniervorrichtung vorgesehen werden, die die gesamte Messeinrichtung 1 in der gewünschten Richtung bewegt. Dies kann bspw. durch einen in ein- oder mehreren Richtungen gesteuert bewegbaren Träger erfolgen, der die Messeinrichtung 1 trägt.

Während die Messeinrichtung 1 in Figur 1 relativ schematisch veranschaulicht ist, geben die Figuren 2 und 3

die Ansicht einer praktisch ausgeführten Messeinrichtung 1 wieder. Einzelheiten und Elemente die mit der in Figur 1 schematisch veranschaulichten Ausführungsform übereinstimmen, sind mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Wie Figur 3 veranschaulicht, ist der Tastarm 6 als abnehmbarer Tastarmabschnitt lösbar an dem fest an der Messeinrichtung 1 montierten Träger 6a gehalten. Zur Lagerung des Tastarms 6 an dem Träger 6a dient eine auch als magnetische Tastarmhalterung bezeichnete Kupplungseinrichtung 21. Diese ist in Figur 3 gesondert veranschaulicht. Dem Träger 6a sind zwei Kugelhöpfe 22 und ein Magnet zugeordnet, der an der in Figur 3 dem Betrachter abgewandten Seite des Trägers 6a angeordnet ist. Eine dem Magneten benachbarte Stellschraube 23 weist eine Stirnfläche auf, der eine entsprechende plane Anlagefläche 24 an einem Halterungsteil 25 des Tastarms 6 zugeordnet ist. Außerdem ist an dem Halterungsteil 25 eine kegelförmige Ausnehmung 26 ( $90^\circ$ -Senkung) angeordnet, die einer der Kugelhöpfe 22 zugeordnet ist. Zur eindeutigen Positionierung des Tastarms 6 in Bezug auf den Träger 6a dient außerdem eine prismenförmige Ausnehmung 27, der der andere der Kugelhöpfe 22 zugeordnet ist.

Eine wesentliche Besonderheit der Messeinrichtung 1 liegt in der Ausbildung der optischen Messanordnung 8. Diese ist in Figur 4 und Figur 4a schematisch veranschaulicht. Zu der Messanordnung 8 gehören eine Lichtquelle 31, ein Beugungsgitter 32 und eine Sensoranordnung 33 sowie ggfs. weitere optische oder mechanische Elemente. Die Lichtquelle 31 erzeugt einen vorzugsweise konvergenten Strahl 34 interferenzfähigen Lichts. Dazu ist eine Laserdiode 35 vorgesehen, deren Licht durch ein Objektiv, im einfachsten Fall eine Sammellinse 36, zu einem Lichtbündel mit der gewünschten Konvergenz (oder Divergenz) umgeformt wird. In dem hier bevorzugten Ausführungsbeispiel wird das

Lichtbündel 34 mit Konvergenz bezüglich einer optischen Achse 37 erzeugt. Um die Messanordnung 8 möglichst kompakt auszubilden, können in dem Strahlengang, der von der Lichtquelle 31 über das Beugungsgitter 32 zu der Sensoranordnung 33 führt, ein oder mehrere Spiegel 38, 39 angeordnet sein. Bedarfsweise können auch Lichtleitelemente oder andere Einrichtungen zur Lichtübertragung vorgesehen sein.

Das Beugungsgitter 32 ist unmittelbar mit dem als Schwenkträger dienenden Teil 6b verbunden, das den Tastarmteil 6a trägt, der den eigentlichen Tastarm bildet. Das Beugungsgitter 32 kann ein einfaches Strichgitter sein, dessen lichtbeugende Gitterlinien parallel zueinander und etwa quer zu der in Figur 4a durch einen Pfeil 41 bezeichneten Bewegungsrichtung des Beugungsgitters 32 orientiert sind. Die einzelnen Gitterlinien können somit sowohl etwa parallel zu dem Tastarm 6 oder parallel zu seiner Drehachse orientiert sein - je nachdem in welcher Richtung das Lichtbündel 34 geführt wird (quer zu dem Tastarm 6 oder parallel zu diesem).

Die Gitterlinien des Beugungsgitters können in gleichen Abständen oder bedarfsweise auch in wechselnden Abständen angeordnet werden. Die Gitterteilung beeinflusst die Auflösung und somit die Linearität des Tastsystems. Wechselnde Gitterteilungen können dazu dienen, sonst vorhandene Linearitätsfehler auszugleichen oder eine gewünschte nichtlineare Kennlinie zu erzeugen.

Die Gitterlinien können bedarfsweise auch spitzwinklig zueinander angeordnet sein, so dass sich die gedachten Verlängerungen aller Gitterlinien bei dem in Figur 4a veranschaulichten, jedoch etwas abgewandelten

Beispiel in der Drehachse der Lagereinrichtung 7 treffen. Ebenso kann das Beugungsgitter, das vorzugsweise eben ausgebildet ist, auch gewölbt oder gekrümmt ausgebildet sein. Es ist in der Nähe des Fokuspunkts 42 des konvergierenden Lichtbündels 34 angeordnet, so dass nur wenige, z.B. nur 3 oder 5, Gitterlinien beleuchtet werden.

Das von dem Beugungsgitter 32 reflektierte oder wie im dargestellten Beispiel durchgelassene Licht bildet ein Interferenzlichtbündel 34a, das gebeugte und ungebeugte Anteile enthält, die als interferierende Lichtstrahlen auf die Sensoranordnung 33 treffen. Diese ist, wie bspw. Figur 6 veranschaulicht, vorzugsweise in mehrere, bspw. in vier Elemente 43, 44, 45, 46 unterteilt, die gemeinsam einen optoelektrischen Wandler (die Sensoranordnung 33) bilden. Die einzelnen Elemente 43 bis 46 der Sensoranordnung 33 werden von einem Interferenzmuster getroffen, das in dem Teil des Interferenzlichtbündels 34a entsteht, der das Beugungsgitter passiert hat. Wie in Figur 5 angedeutet, ist parallel zur optischen Achse ein erstes Helligkeitsmaximum vorhanden, das einen ungebeugten Strahlanteil darstellt. Rechts und links (in Figur 5 oberhalb und unterhalb) des ungebeugten Strahls ist ein + 1. Maximum und ein - 1. Maximum vorhanden. Der in Figur 5 links dargestellte Lichtbalken (balkenförmiger Lichtfleck) 44, der von der Laserdiode 35 und dem Objektiv 36 erzeugt wird, wird somit durch Beugung aufgefächert. Der aufgefächerte Lichtfleck, der durch Überlagerung des 0. Maximums mit dem + 1. Maximum und dem - 1. Maximum entsteht, ist somit größer als der Lichtbalken 44. Er enthält ein Muster von Interferenzlinien, die in Figur 5 bei 46 angedeutet sind. Sie charakterisieren die Relativposition des Beugungsgitters 32 zu dem Lichtbündel 34 bzw. zu seiner optischen Achse.

Das Beugungsgitter 32 ist ziemlich nahe an dem Fokus 42 oder auch demselben angeordnet, so dass nur relativ wenige Linien des als Beugungsgitter 32 dienenden Strichgitters die Bildung des Interferenzmusters bewirken. Dieses fällt auf die Elemente 43 bis 46 der Sensoranordnung. Dabei ist der das Interferenzmuster enthaltende Lichtbalken 46 vorzugsweise kürzer als die Sensoranordnung 33, so dass die außenstehenden Sensorzellen 43, 46 nur von dem überlagerten Lichtfleck 46 nur noch teilweise überdeckt werden.

Jedes Element 43, 44, 45, 46 ist jeweils an einen Kanal eines Analogverstärkers 47 angeschlossen. Dazu sind entsprechende Eingänge 53, 54, 55, 56 vorgesehen, die paarweise (53 und 54; 55 und 56) einen Differenzeingang bilden. Entsprechend wird aus den an den Eingängen 53, 54 anstehenden Signalen ein erstes Ausgangssignal an einem Ausgang 61 erzeugt. Ein Ausgang 62 des Verstärkers 47 gibt das verstärkte Differenzsignal der Eingänge 55 und 56 ab. Aufgrund der Anordnung der Sensorzellen 43, 44, 45, 46 auf eine Weise, dass das Sensorzellenpaar 43, 44 gegen das Sensorzellenpaar 45, 46 um eine halbe Interferenzlinienbreite versetzt ist, stehen an den Ausgängen 61, 62 des Verstärkers 47 um  $90^\circ$  phasenversetzte sinusförmige Signale an. Die Signale der Ausgänge 61, 62 werden an Triggertufen 63, 64 weitergegeben, die die Sinunssignale in Rechtecksignale umwandeln. Ein nachgeschalteter Vorwärts/Rückwärts-Zähler 65 enthält die getriggerten Sinus- und Kosinussignale und zählt diese. Durch den  $90^\circ$ -Phasenversatz zwischen dem Sinus- und dem Kosinussignal ist eine eindeutige Richtungsbestimmung möglich, so dass der Vorwärts/Rückwärts-Zähler 65 entsprechend der Bewegungsrichtung des Beugungsgitters 32 seinen Zählwert inkrementiert oder dekrementiert.

Parallel zu den Triggerstufen 63, 64 sind Analog/Digital-Wandlerstufen 66, 67 geschaltet, die den aktuellen Signalwert der Ausgänge 61, 62 in Digitalwerte umsetzen. Die so erhaltenen Digitalwerte sind ein Kennzeichen für die aktuelle Helligkeitsdifferenz zwischen den Sensorzellen 43, 44 und entsprechend 45, 46. Mit dieser Information ist eine Interpolation der Winkelposition auf der Sinuskurve zwischen einem Maximum und einem Minimum der Helligkeit bzw. des Signalwerts möglich. Die Auflösung kann deshalb besser sein als die Gitterliniendichte des Beugungsgitters 32 vorgibt. Die Analog/Digital-Wandlerstufen 66, 67 bilden mit einer angeschlossenen Auswerteschaltung 68 eine Analog-Auswerteschaltung zur Bestimmung des Winkels zwischen Helligkeitsmaximum und Helligkeitsminimum.

Die Ausgänge des Vorwärts/Rückwärts-Zählers 65 und die an die Analog/Digital-Wandler 67, 66 angeschlossenen Auswerteschaltung 68 sind mit einer Kombiniertstufe 69 verbunden, die die von der Vorwärts/Rückwärts-Zählstufe 65 vorgegebenen Schrittzahlen und den von der Auswerteschaltung 68 abgegebenen Zwischenschrittwert addiert, um einen Messwert zu erhalten. Dieser wird an einem Ausgang 70 ausgegeben.

Die insoweit beschriebene Messeinrichtung 1 arbeitet wie folgt:

Soll mittels der Messeinrichtung die Oberfläche 2 vermessen werden, wird der Tastarm 6 mit dem Tastelement 4 über die Oberfläche 2 des Werkstücks 3 geführt. Dazu wird bspw. bei der Messeinrichtung nach Figur 1 die Stelleinrichtung 16 betätigt. Das Tastelement 4 folgt dabei der Kontur und der Rauheit der Oberfläche 2, wodurch der Tast-

arm 6 entsprechend ausgelenkt wird. Die Bewegung des Tastarms 6 überträgt sich auf das Beugungsgitter 32, das entsprechend der Auslenkung des Tastelements 4 bewegt wird. Damit wird das Beugungsgitter 32 relativ zu dem Lichtbündel 34 bzw. seiner optischen Achse verschoben. Entsprechend laufen die Interferenzlinien des Lichtflecks 46 über die Sensoranordnung 33. Jede Interferenzlinie erzeugt dabei eine Sinuswelle an den Ausgängen 31, 32. Der Zählinhalt des Vorwärts/Rückwärts-Zählers 65 gibt richtungsabhängig die Anzahl der durchgelaufenen Interferenzlinien wieder. Die Zwischenwerte werden mit der Auswerteschaltung 68 bestimmt. Die Kombinerstufe 69 gibt dadurch an ihrem Ausgang ein Positionssignal aus, dass die aktuelle Auslenkung des Tastelements 4 präzises kennzeichnet.

Der veranschaulichte interferenzoptische Sensor kann nicht nur für eindimensionale Messaufgaben, sondern bedarfsweise auch für zweidimensionale Messaufgaben genutzt werden. Dazu werden zur Erzeugung des Interferenzbilds bspw. anstelle eines Strichgitters, zwei um  $90^\circ$  gegeneinander verdrehte Strichgitter verwendet, die entweder unabhängig voneinander oder gemeinsam bewegbar sind. In einigen Fällen kann auch ein Punktgitter (Raster) zur Anwendung kommen. Das Punktgitter kann durch kreisförmige oder anderweitig geformte Punkte auf lichtdurchlässigem oder lichtreflektierendem Untergrund gebildet sein. Auch die inverse Anordnung, bei der die Punkte durchsichtig oder reflektierend und die übrige Fläche undurchsichtig bzw. nichtreflektierend ausgebildet ist, ist anwendbar. Sensorseitig wird dann nicht mit einem linienhaften Sensor gearbeitet, wie er in Figur 6 angedeutet ist, sondern mit einem Flächensensor oder mit zwei kreuzweise angeordneten Liniensensoren, die miteinander bspw. einen Winkel von  $90^\circ$  einschließen.

Eine interferenzoptische Messeinrichtung zur Erfassung und Verfolgung der Bewegung eines mechanischen Elements 4 weist eine Lichtquelle 31 zur Abgabe eines interferenzfähigen Lichtbündels sowie ein Beugungsgitter und eine Sensoranordnung 33 auf. Von der Lichtquelle führt ein Strahlengang über das Beugungsgitter 32 zu der Sensoranordnung 33. Das Beugungsgitter zerlegt das Lichtbündel in mindestens drei Teilkomponenten, so dass auf der optischen Sensoranordnung 33 ein Lichtfleck mit drei einander überlappenden Maxima, dem mittleren nullten Maximum und dem beidseits davon liegenden minus ersten und plus ersten Maximum entsteht. Die Lichtstrahlen zur Erzeugung der drei Heiligkeitsmaxima interferieren miteinander, so dass der resultierende überlagerte Leuchtfleck 46 Interferenzlinien enthält, die in einer oder anderen Richtung laufen, wenn das Beugungsgitter bewegt wird. Die Bewegung der Interferenzlinien wird mit der Sensoranordnung 33 erfasst und in einer Auswerteschaltung ausgewertet. Damit ist die präzise Erfassung jeder Bewegung des Beugungsgitters 32 möglich. Mit der vorgestellten Anordnung wird nahezu das gesamte von der Lichtquelle ausgesendete Licht zu erzeugendes Interferenzbilds ausgenutzt. Es entstehen somit lichtstarke Interferenzbilder schon bei geringen Lichtleistungen der Lichtquelle 31. Es können deshalb Bauelemente geringer Leistung zum Einsatz kommen.

Patentansprüche:

1. Messeinrichtung (1), insbesondere zur Messung der Oberflächenrauheit und/oder der Oberflächenkontur eines Werkstücks (3),

mit einem Tastelement (4), das beweglich gelagert und mit der Werkstückoberfläche (2) in Anlage überführbar ist,

mit einem Beugungsgitter (32), das beweglich gelagert und mit dem Tastelement (4) verbunden ist,

mit einer Lichtquelle (31) zur Erzeugung eines interferenzfähigen Lichtbündels (34), das auf das Beugungsgitter (32) gerichtet ist, um ein Interferenzlichtbündel (34a) mit wenigstens einem Nullten (0.), einem positiven ersten (+1.) und einem negativem ersten Maximum (-1.) zu erzeugen,

mit einer optischen Sensoranordnung (33), die dem von dem Beugungsgitter (32) kommenden Interferenzlichtbündel (34a) ausgesetzt ist.

2. Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Sensoranordnung (33) mit einer digitalen Auswerteeinrichtung (63, 64, 65) verbunden ist, die wenigstens einen Zähler (65) zur Erfassung der Zahl an der Sensoranordnung (33) vorbeigezogener Interferenzstreifen aufweist.

3. Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnung (33) an eine Analogauswerteeinrichtung (66, 67, 68) angeschlossen ist, die eine Interpolationseinrichtung bildet, die dazu eingerich-

tet ist, der von der Sensoranordnung (33) erfassten Helligkeit einen Positionswert zuzuordnen.

4. Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnung (33) wenigstens zwei Sensorelemente (43, 44, 45, 46) aufweist, die zur Erfassung der Helligkeiten an unterschiedlichen Stellen des Interferenzlichtbündels dienen.

5. Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zu der Sensoranordnung (33) zwei jeweils wenigstens einen Sensor (43, 44; 45, 46) enthaltende Sensorgruppen (43, 44; 45, 46) gehören, die gegeneinander um eine halbe Interferenzstreifenbreite versetzt angeordnet sind.

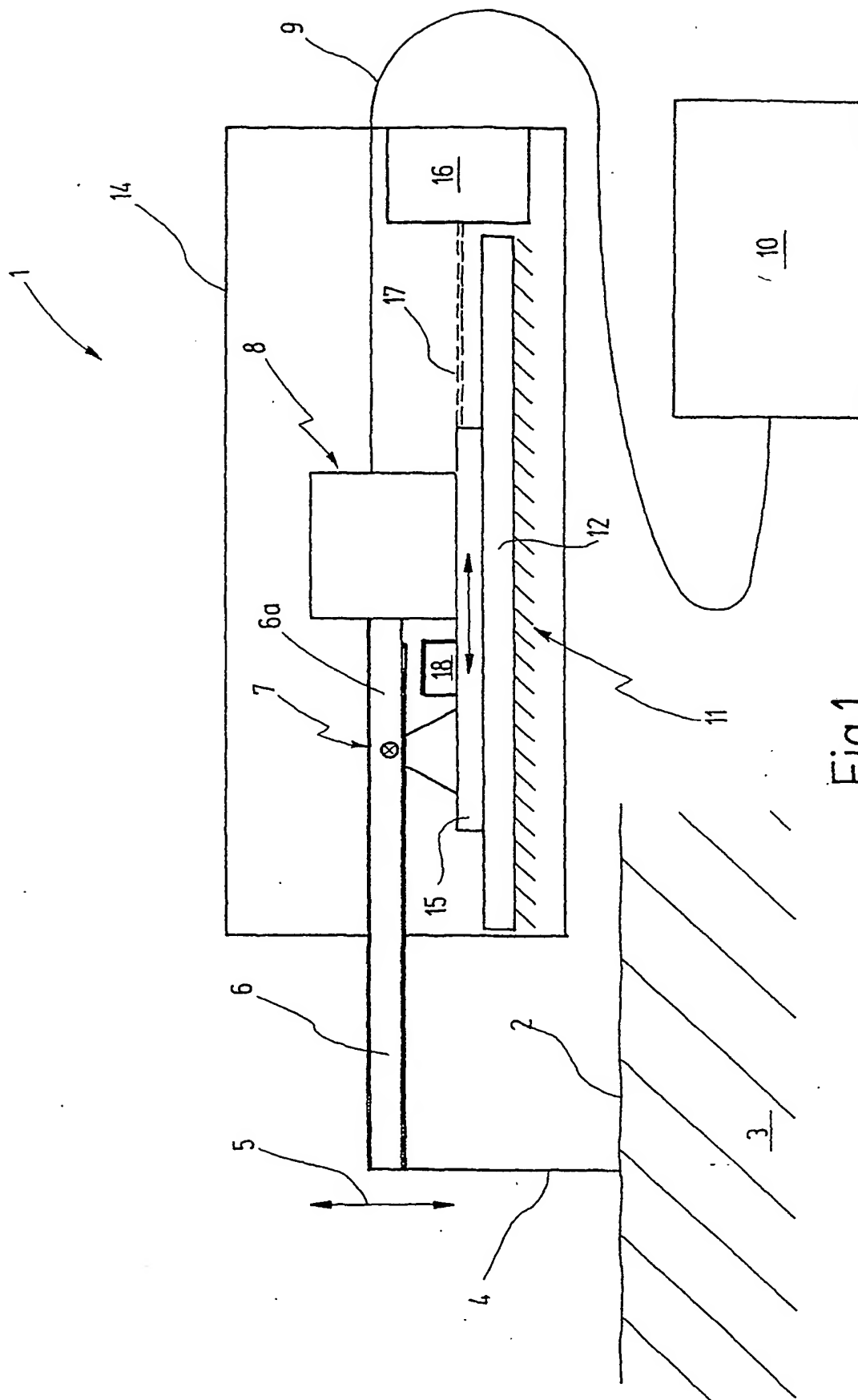
6. Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Tastelement (4) eindimensional beweglich gelagert ist.

7. Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Beugungsgitter (32) ein lichtdurchlässiges Gitter ist.

8. Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Beugungsgitter (32) quer zu dem Lichtbündel (34) beweglich gelagert ist.

9. Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Positionierungseinrichtung (16) enthält, die dazu eingerichtet ist, das Tastelement (4) in einer vorgegebenen Richtung über die Oberfläche des Werkstücks zu bewegen.

10. Messeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Krafterzeugungseinrichtung (18) zur Erzeugung einer Messkraft aufweist.



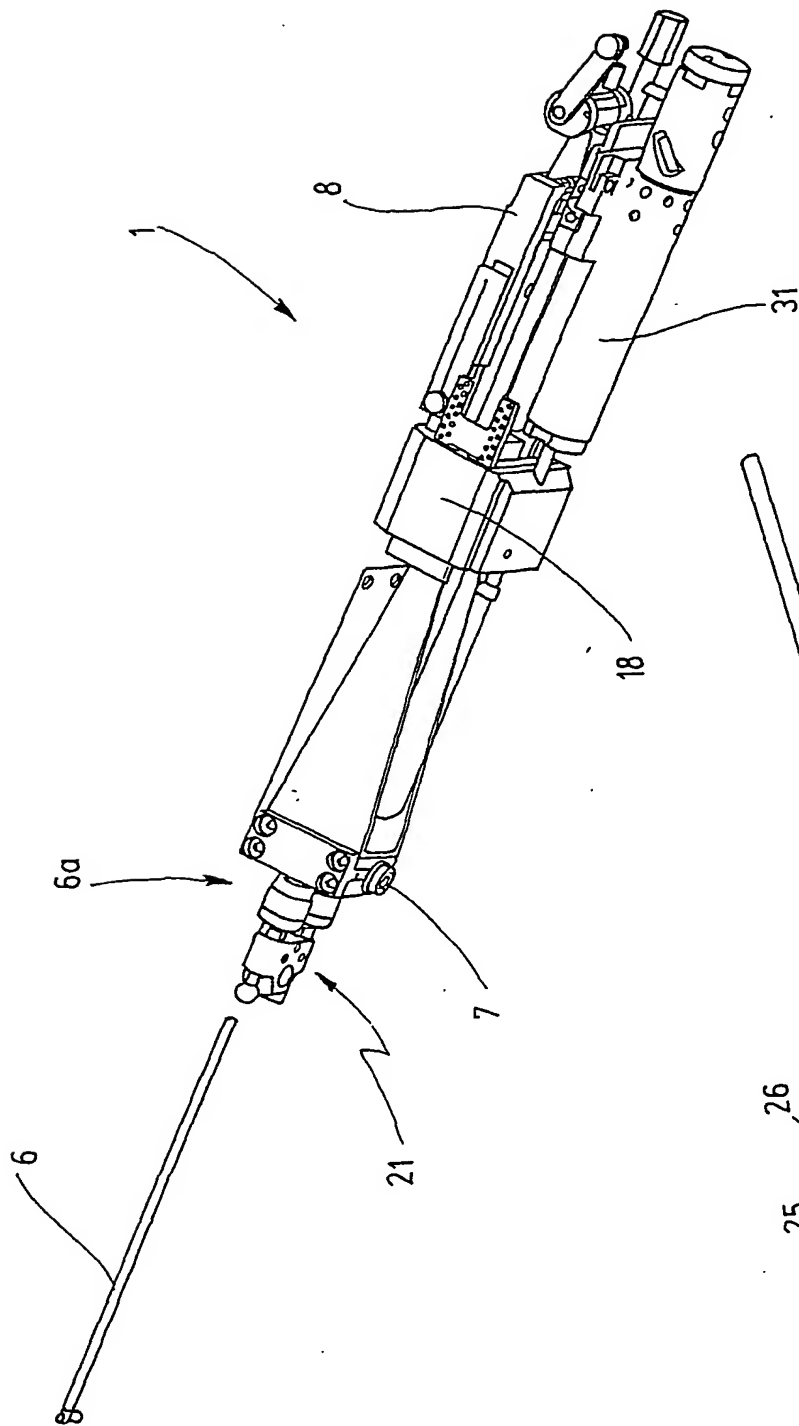


Fig. 2

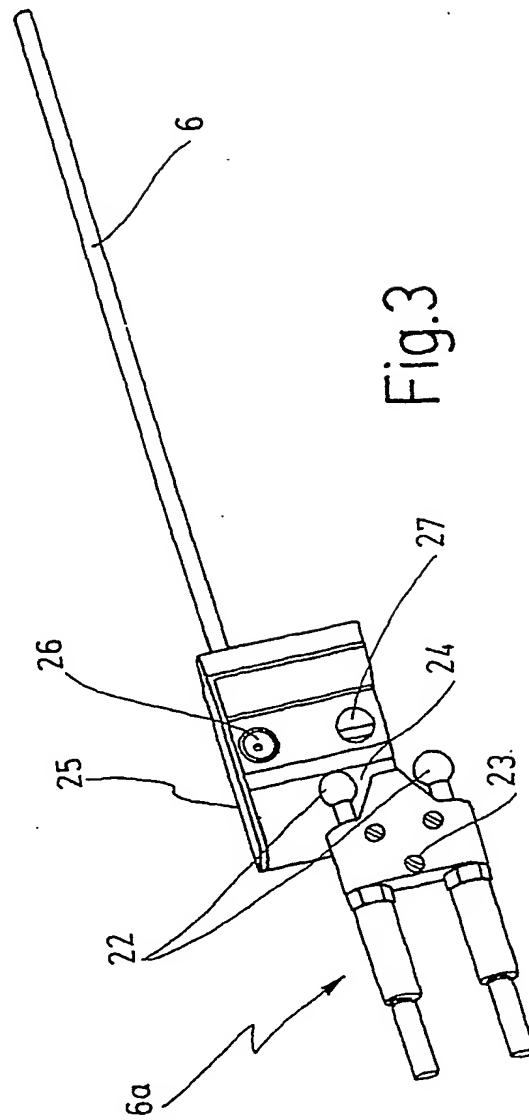


Fig. 3

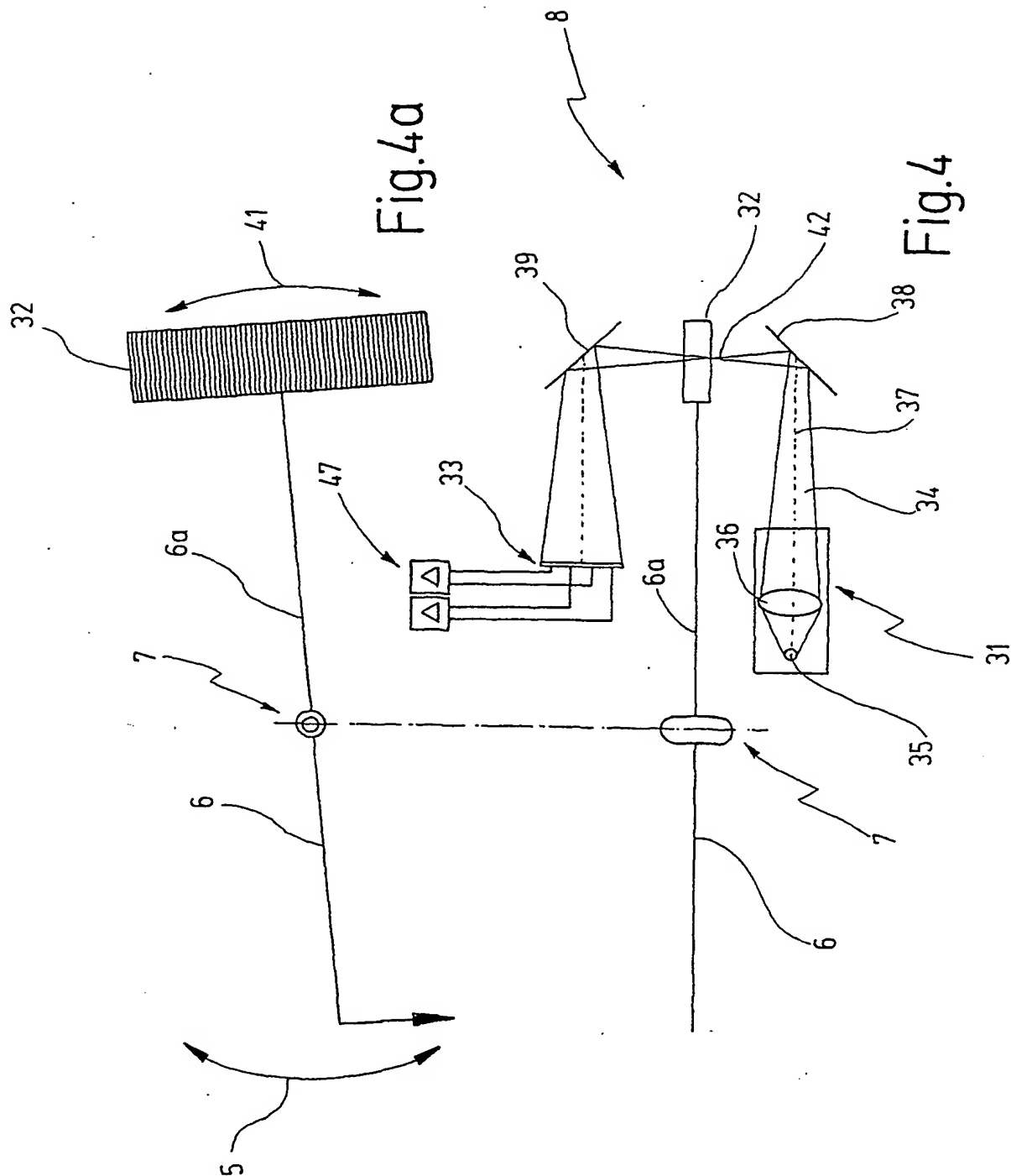
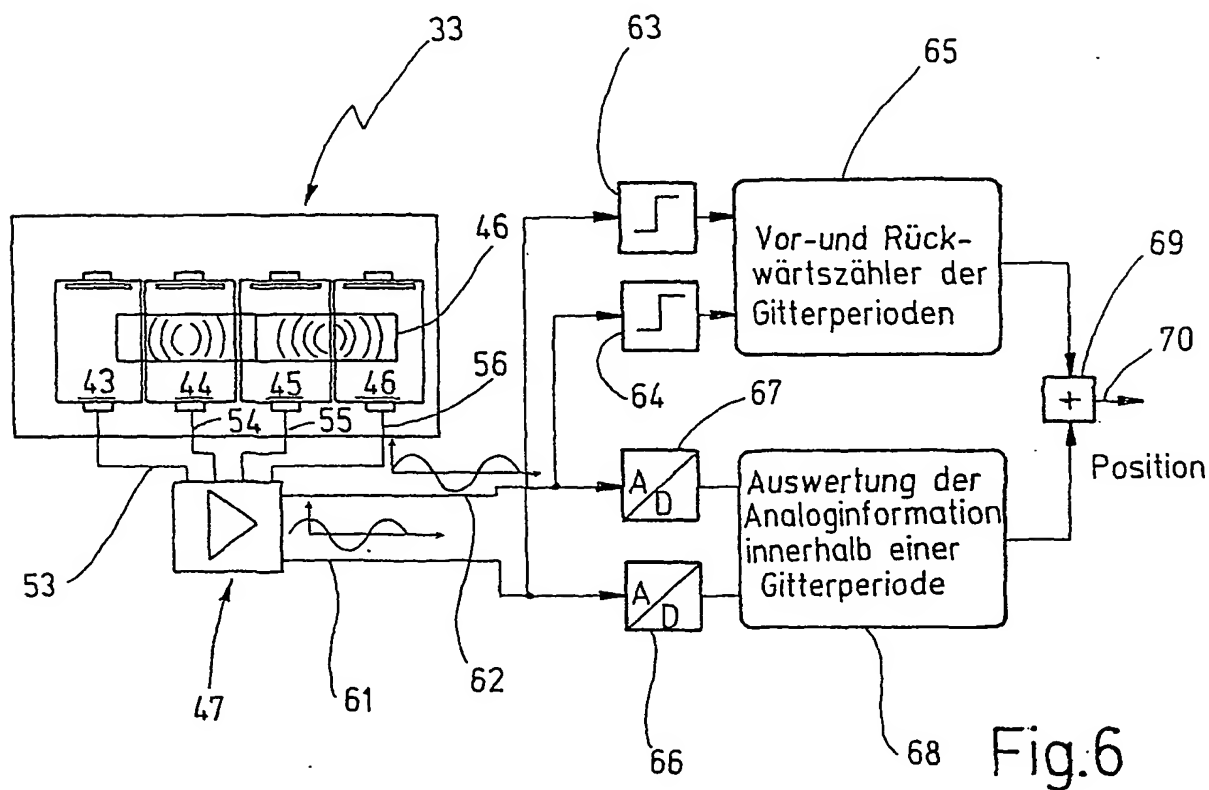
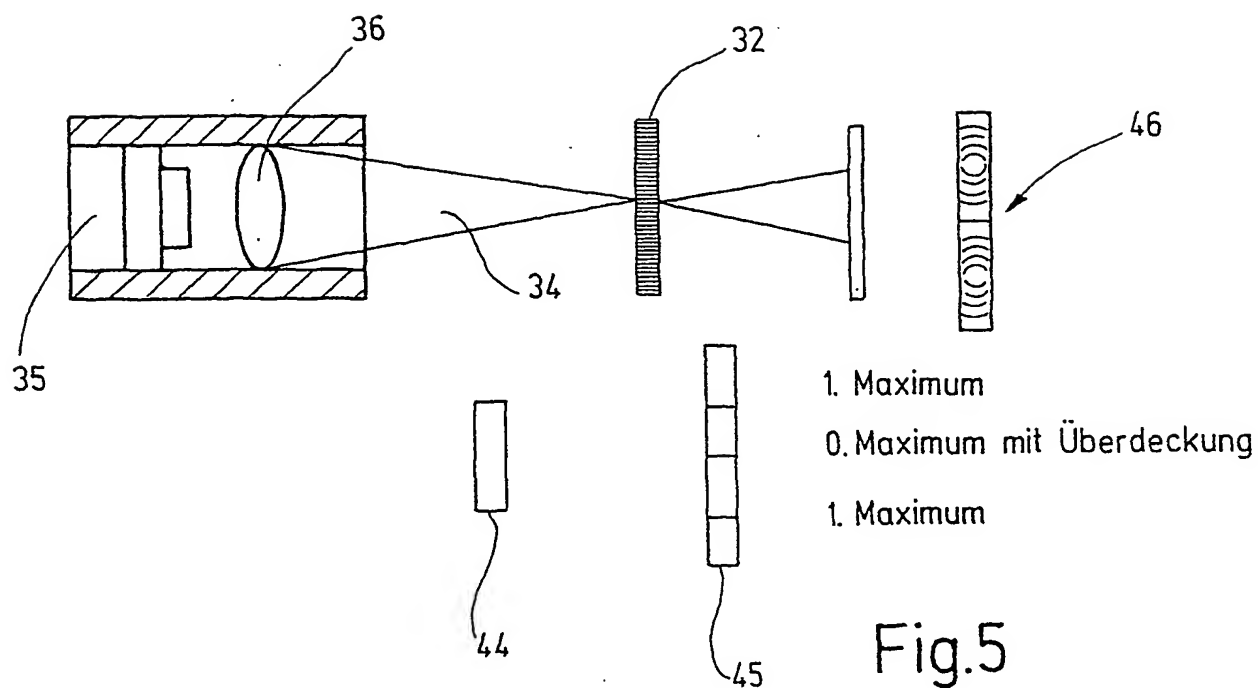


Fig.4a

Fig.4



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 01/01871

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01D5/38 G01B11/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01D G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 586 454 B (RANK TAYLOR HOBSON) 20 November 1996 (1996-11-20) cited in the application figure 7	1
Y	EP 0 387 481 A (HEIDENHAIN) 19 September 1990 (1990-09-19) column 1, line 51 -column 2, line 7; figure 1	1
A	EP 0 682 230 A (CANON) 15 November 1995 (1995-11-15) column 7, line 42 -column 8, line 21; figures 1,8	
A	EP 0 390 092 A (CANON) 3 October 1990 (1990-10-03) figure 2	
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 August 2001

Date of mailing of the international search report

28/08/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mielke, W

• INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intd      onal Application No

PCT/DE 01/01871

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>EP 0 045 321 B (IBM)  10 December 1986 (1986-12-10)  column 7, line 34 - line 46; figure 4A  -----</p>	

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International Application No  
**PCT/DE 01/01871**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 586454 B	16-03-1994	GB 2256476 A	09-12-1992
		DE 69215369 D	02-01-1997
		DE 69215369 T	28-05-1997
		EP 0586454 A	16-03-1994
		JP 6507706 T	01-09-1994
		US 5517307 A	14-05-1996
		AT 145474 T	15-12-1996
		CN 1069569 A,B	03-03-1993
		CN 1118063 A,B	06-03-1996
		EP 0729007 A	28-08-1996
		WO 9221934 A	10-12-1992
		RU 2124701 C	10-01-1999
EP 387481 A	19-09-1990	DE 3908254 A	20-09-1990
		AT 89410 T	15-05-1993
		DE 8916050 U	11-03-1993
		DE 59001394 D	17-06-1993
EP 682230 A	15-11-1995	JP 7306060 A	21-11-1995
		US 5717488 A	10-02-1998
EP 390092 A	03-10-1990	JP 2254316 A	15-10-1990
		JP 2603338 B	23-04-1997
		JP 3018720 A	28-01-1991
		DE 69011918 D	06-10-1994
		DE 69011918 T	05-01-1995
		US 5021649 A	04-06-1991
EP 45321 B	10-02-1982	EP 0045321 A	10-02-1982
		DE 3071858 D	22-01-1987
		JP 1435750 C	25-04-1988
		JP 57050611 A	25-03-1982
		JP 62039922 B	26-08-1987
		US 4577968 A	25-03-1986

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/01871

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 G01D5/38 G01B11/30

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G01D G01B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 586 454 B (RANK TAYLOR HOBSON) 20. November 1996 (1996-11-20) in der Anmeldung erwähnt Abbildung 7	1
Y	EP 0 387 481 A (HEIDENHAIN) 19. September 1990 (1990-09-19) Spalte 1, Zeile 51 -Spalte 2, Zeile 7; Abbildung 1	1
A	EP 0 682 230 A (CANON) 15. November 1995 (1995-11-15) Spalte 7, Zeile 42 -Spalte 8, Zeile 21; Abbildungen 1,8	
A	EP 0 390 092 A (CANON) 3. Oktober 1990 (1990-10-03) Abbildung 2	
	--- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. August 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/08/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mielke, W

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/01871

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>EP 0 045 321 B (IBM)  10. Dezember 1986 (1986-12-10)  Spalte 7, Zeile 34 - Zeile 46; Abbildung  4A</p> <p>-----</p>	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/01871

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 586454 B	16-03-1994	GB 2256476 A	09-12-1992
		DE 69215369 D	02-01-1997
		DE 69215369 T	28-05-1997
		EP 0586454 A	16-03-1994
		JP 6507706 T	01-09-1994
		US 5517307 A	14-05-1996
		AT 145474 T	15-12-1996
		CN 1069569 A,B	03-03-1993
		CN 1118063 A,B	06-03-1996
		EP 0729007 A	28-08-1996
		WO 9221934 A	10-12-1992
		RU 2124701 C	10-01-1999
EP 387481 A	19-09-1990	DE 3908254 A	20-09-1990
		AT 89410 T	15-05-1993
		DE 8916050 U	11-03-1993
		DE 59001394 D	17-06-1993
EP 682230 A	15-11-1995	JP 7306060 A	21-11-1995
		US 5717488 A	10-02-1998
EP 390092 A	03-10-1990	JP 2254316 A	15-10-1990
		JP 2603338 B	23-04-1997
		JP 3018720 A	28-01-1991
		DE 69011918 D	06-10-1994
		DE 69011918 T	05-01-1995
		US 5021649 A	04-06-1991
EP 45321 B	10-02-1982	EP 0045321 A	10-02-1982
		DE 3071858 D	22-01-1987
		JP 1435750 C	25-04-1988
		JP 57050611 A	25-03-1982
		JP 62039922 B	26-08-1987
		US 4577968 A	25-03-1986